



Attorney Docket # 4452-444

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of

Martin GEIGER et al.

Serial No.: 09/992,986

Filed: November 05, 2001

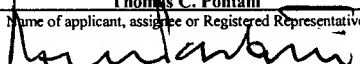
For: Drive Unit With An Electric Machine

Assistant Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231

Examiner:  
Group Art:

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service with sufficient postage as first class mail in an envelope addressed to: Assistant Commissioner for Patents, Washington, D.C. 20231, on

March 12, 2002  
(Date of Deposit)

Thomas C. Pontani  
Name of applicant, assignee or Registered Representative  
  
Signature

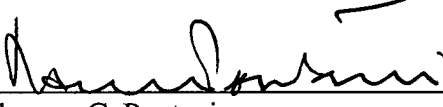
March 12, 2002  
Date of Signature

**LETTER TRANSMITTING PRIORITY DOCUMENT**

In order to complete the claim to priority in the above-identified application under 35 U.S.C. §119, enclosed herewith is a certified copy of each foreign application on which the claim of priority is based: Germany on November 09, 2000, No. 100 55 392.3.

Respectfully submitted,  
COHEN, PONTANI, LIEBERMAN & PAVANE

By

  
Thomas C. Pontani  
Reg. No. 29,763  
551 Fifth Avenue, Suite 1210  
New York, N.Y. 10176  
(212) 687-2770

March 12, 2002

RECEIVED  
MAR 21 2002  
TC 2200 MAIL ROOM

2834

Patent  
#3  
K

04/06/02

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



RECEIVED

MAR 21 2002

TC 2000 MAIL ROOM



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 100 55 392.3  
**Anmeldetag:** 09. November 2000  
**Anmelder/Inhaber:** Mannesmann Sachs AG,  
Schweinfurt/DE  
**Bezeichnung:** Antriebseinheit  
**IPC:** H 02 K, B 60 K

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 02. November 2001  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Weihmayr

# Mannesmann Sachs AG - Schweinfurt

5

## Patentanmeldung

10

## Patentansprüche

15

20

1. Antriebseinheit (1) mit einer Antriebswelle (15) aufweisenden Antrieb (13) und einer elektrischen Maschine (2), die einen Stator (5) und einen koaxial zu diesem mit der Antriebswelle (15) zur Drehmomentübertragung wirkverbundenen Rotor (3) aufweist, wobei der Stator (5) und der Rotor (3) durch einen Luftspalt (19) in Wirkverbindung stehen und der Rotor (3) durch die Antriebswelle (15) zu einer Taumelbewegung angeregt wird,

25

**dadurch gekennzeichnet,**

30

dass in einem Querschnitt parallel zur Antriebswelle (15) der geometrische Verlauf zumindest einer der an den Luftspalt (19) angrenzenden Flächen von Rotor (3) oder Stator (5) so ausgebildet ist, dass dieser Verlauf der durch die Taumelbewegung des Rotors (3) beschriebenen geometrischen Verschwenkkurve ( $V_R$ ) wenigstens angenähert ist.

35

2. Antriebseinheit nach Anspruch 1,

**dadurch gekennzeichnet,**

dass in einem Querschnitt parallel zur Antriebswelle (15) die an den Luftspalt (19) angrenzenden Flächen von Rotor (3) oder Stator (5) im wesentli-

chen parallel zueinander verlaufen.

3. Antriebseinheit nach Anspruch 1 oder 2,

**dadurch gekennzeichnet,**

5 dass in einem Querschnitt parallel zur Antriebswelle (15) der geometrische Verlauf der an den Luftspalt (19) angrenzende Fläche von Rotor (3) und/oder Stator (5) durch eine Kurve zweiter Ordnung beschreibbar ist.

4. Antriebseinheit nach Anspruch 1 oder 2,

10 **dadurch gekennzeichnet,**

dass in einem Querschnitt parallel zur Antriebswelle (15) die an den Luftspalt (19) angrenzenden Flächen von Rotor (3) und Stator (5) Geraden bilden, die gegenüber der Antriebswelle (15) verschwenkt sind.

15 5. Antriebseinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 4,

**dadurch gekennzeichnet,**

dass der Stator (5) aus einer Stapelung von unterschiedlich geformten Einzelblechen gebildet ist.

20

## Antriebseinheit

5

Beschreibung

10

Die Erfindung betrifft eine Antriebseinheit mit einem eine Antriebswelle aufweisenden Antrieb und einer elektrischen Maschine, die einen Stator und einen koaxial zu diesem mit der Antriebswelle zur Drehmomentübertragung wirkverbundenen Rotor aufweist, wobei der Stator und der Rotor durch einen Luftspalt in Wirkverbindung stehen und der Rotor durch die Antriebswelle zu einer Tumbelbewegung angeregt wird.

20 Derartige Antriebseinheiten sind beispielsweise aus dem Bereich der Kraftfahrzeugtechnik bekannt, wo eine Verbrennungskraftmaschine mit einer elektrischen Maschine zu einem Hybridantrieb kombiniert ist oder die elektrische Maschine als Starter-Generator zur Verfügung steht. Die elektrische Maschine kann dabei motorisch arbeiten und die Verbrennungskraftmaschine starten und allein oder im Zusammenwirken mit der Verbrennungskraftmaschine dem Antrieb des Fahrzeuges dienen. Arbeitet die elektrische Maschine im generatorischen Betrieb, so können damit elektrische Verbraucher in einem Bordnetz gespeist oder elektrische Energie in einem Speicher gespeichert werden.

30 Der Stator der elektrischen Maschine ist in der Regel ortsfest, zum Beispiel an einem Gehäuse der Verbrennungskraftmaschine oder einem Getriebegehäuse, angeordnet. Der Rotor steht mit der Kurbelwelle der Verbrennungskraftmaschine in Wirkverbindung und kann entweder unmittelbar oder über Verlängerungsstücke

mittelbar mit dieser verbunden sein. Eine solche Anordnung zeigt beispielsweise die DE 197 21 528 A1.

Charakteristisch für eine rotierende elektrische Maschine ist ein zwischen einem  
5 feststehenden Stator und einem sich relativ dazu bewegenden Rotor befindlicher  
Luftspalt zum Zweck der elektromagnetischen Wechselwirkung von Stator und  
Rotor. Zur Erzielung einer hohen Effizienz der elektrischen Maschine besteht die  
Forderung, dass dieser Luftspalt unter Beibehaltung der freien Drehbarkeit des  
Rotors möglichst schmal ausgebildet ist und in Umfangsrichtung konstant sein  
10 soll. Typische Werte des Luftspaltes betragen bei Synchronmaschinen 1mm bis  
1,2mm und bei Asynchronmaschinen etwa 0,5mm bis 0,7mm.

Die Verbrennungskraftmaschine regt durch deren periodischen impulsartigen  
Betrieb die Kurbelwelle zu Biegeschwingungen an, welche sich beispielsweise in  
15 einer Verschwenkung des aus der Verbrennungskraftmaschine herausragenden  
Endes der Kurbelwelle äussern. Diese Verschwenkbewegung findet beispielsweise  
bei einem Reihenmotor hauptsächlich in der durch die Hubrichtung der Kolben  
definierten Ebene statt. Ausserdem tritt durch Toleranzen der Kurbelwellenlager  
zusätzlich ein geringfügiger Versatz der Kurbelwelle auf. Im Zuge der Weiterent-  
20 wicklung von Verbrennungskraftmaschinen wird der Füllgrad des Verbrennungs-  
raumes mit einem Kraftstoff-Luft-Gemisch immer mehr gesteigert. Die dadurch  
steigenden Verbrennungsdrucke erhöhen die mechanische Leistungsabgabe, füh-  
ren andererseits jedoch auch, sofern keine konstruktiven Gegenmaßnahmen er-  
griffen werden, zu verstärkten Biegeschwingungen der Kurbelwelle.

25 Beim Betrieb einer Verbrennungskraftmaschine tritt somit das Problem auf, dass  
der mit der Kurbelwelle in Wirkverbindung stehende Rotor einer elektrischen Ma-  
schине eine Taumelbewegung ausführt. Die Drehbewegung des Rotors wird also  
von der Verschwenkbewegung der Kurbelwelle überlagert und damit die koaxiale  
30 Zuordnung von Rotor und Stator aufgehoben. Als Folge unterliegt die radiale  
Ausdehnung des Luftspaltes der elektrischen Maschine während einer Umdre-

5 hnung der Kurbelwelle kontinuierlichen Schwankungen, die eine beträchtliche Wirkungsgradeinbuße und Schwankungen des von der elektrischen Maschine erzeugten motorischen oder generatorischen Moments zur Folge haben. Weiterhin besteht die ernste Gefahr, dass sich infolge des engen Luftspaltes Rotor und Stator berühren und die elektrische Maschine beschädigt wird und sogar ausfallen kann.

10 Das geschilderte Problem ist bereits seit längerem bekannt. Da die Ursache der Taumelbewegung, also die Biegeschwingungen der Kurbelwelle, bisher durch technische Verbesserungen nicht vermieden bzw. beträchtlich reduziert werden konnten, konzentrieren sich die Massnahmen zur Abhilfe auf konstruktive Veränderungen der elektrischen Maschine.

15 In der DE-OS 199 37 545 A1 ist eine in einem eine Brennkraftmaschine umfassenden Antriebsstrang eines Fahrzeuges angeordnete elektrische Maschine dargestellt, wobei der Stator gehäusefest angeordnet ist. Zur Entkopplung des Rotors von den Drehungleichförmigkeiten der Antriebswelle der Brennkraftmaschine wird vorgeschlagen, den Rotor auf einem gehäusefest angebrachten Lagerflansch mit mindestens einem Lager zu lagern und die Verbindung des Rotors zur Antriebswelle elastisch zu gestalten. Durch diese Maßnahme ist die konzentrische Lage von Rotor und  
20 Stator auch während des Betriebes der Brennkraftmaschine definiert. Diese Variante löst das Problem, ist jedoch insbesondere wegen der Einführung einer eigenen Rotorlagerung sehr aufwendig und kostenintensiv.

25 Die DE 199 08 450 A1 offenbart eine elektrische Maschine der eingangs genannten Art, bei der eine Beschädigung, insbesondere infolge von Resonanzschwingungen des Rotors, ausgeschlossen werden soll. Erfindungsgemäß ist ein Gleitring vorgesehen, der eine Relativbewegung des Rotors gegenüber dem Stator in radialer Richtung einschränkt.

30 Es ist bei dieser vorgeschlagenen elektrischen Maschine von Nachteil, dass diese auch weiterhin betriebsbedingte Schwankungen des Luftspaltes zulässt. Lediglich im Extremfall soll ein im Einsatz zum Verschleiß vorgesehener Gleitring Schutz

vor einer Zerstörung bieten. Einbußen im Wirkungsgrad der elektrischen Maschine werden akzeptiert. Die Überprüfung und der nach einer gewissen Betriebsdauer notwendige Austausch des Gleitringes erfordern außerdem zusätzliche Wartungsmaßnahmen.

5

Der Erfindung liegt davon ausgehend die Aufgabe zu Grunde, eine gattungsgemäße elektrische Maschine derart weiterzubilden, dass diese auch unter Umgehung einer zusätzlichen Rotorlagerung und der Einführung von verschleissenden Schutzmitteln ein sicheres Betreiben selbst unter dem Einfluß von Biegeschwingungen einer Antriebswelle eines Antriebs gestattet.

10

Erfindungsgemäß wird die gestellte Aufgabe dadurch gelöst, dass in einem Querschnitt parallel zur Antriebswelle der geometrische Verlauf zumindest einer der an den Luftspalt angrenzenden Flächen von Rotor oder Stator so ausgebildet ist, dass dieser Verlauf der durch die Taumelbewegung des Rotors beschriebenen geometrischen Verschwenkkurve wenigstens angenähert ist. Bei einer derartigen Gestaltung von Rotor und/oder Stator wird die Ausdehnung des Luftspaltes durch die Rotations- und Taumelbewegung des Rotors nicht oder nur gering beeinflusst. Der Luftspalt bleibt also im wesentlichen konstant, was sich vorteilhaft auf die Effizienz der elektrischen Maschine auswirkt. Eine Beschädigung, hervorgerufen durch eine gegenseitige Berührung von Rotor und Stator, ist somit ausgeschlossen.

15

20

In einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass in einem Querschnitt parallel zur Antriebswelle die an den Luftspalt angrenzenden Flächen von Rotor oder Stator im wesentlichen parallel zueinander verlaufen. Somit kann sich im Luftspalt in axialer Richtung ein homogenes Magnetfeld konstanter Stärke ausbilden, was sich ebenfalls günstig auf den Wirkungsgrad der elektrischen Maschine auswirkt.

25

30



Besonders vorteilhaft ist der geometrische Verlauf der an den Luftspalt angrenzende Fläche von Rotor und/oder Stator in einem Querschnitt parallel zur Antriebswelle durch eine Kurve zweiter Ordnung beschreibbar. Eine solche Form nähert die geometrische Verschwenkkurve des taumelnden Rotors sehr gut an und ist bei der Fertigung eines Rotors und/oder Stators durch den Einsatz computergestützter Verfahren relativ einfach herstellbar.

In dem Fall, in dem die geometrische Verschwenkkurve nur eine geringe Krümmung aufweist ist es von Vorteil, in einem Querschnitt parallel zur Antriebswelle die an den Luftspalt angrenzenden Flächen von Rotor und Stator als Geraden auszubilden, die gegenüber der Antriebswelle verschwenkt sind. Damit ist weiterhin der Vorteil einer sehr einfachen Fertigung verbunden.

Mit Vorteil wird der Stator der elektrischen Maschine aus einer Stapelung von unterschiedlich geformten Einzelblechen gebildet. Auf diese Weise lässt sich der Verlauf der geometrischen Verschwenkkurve des Rotors sehr genau auf die Kontur des Stators übertragen.

Die nachfolgende Beschreibung der Erfindung dient im Zusammenhang mit den Zeichnungen der näheren Erläuterung. Es zeigen:

Figur 1: Eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen elektrischen Maschine in einem Querschnitt parallel zu einer Antriebswelle.

Figur 2: Eine schematische Darstellung einer elektrischen Maschine, bei der die angrenzenden Flächen von Rotor und Stator im Querschnitt als Geraden ausgebildet sind.

Fig. 1 zeigt schematisch in einer Schnittdarstellung als Teil einer Antriebseinheit 1 eine elektrische Maschine 2 mit einem Rotor 3 und einen Stator 5. Der Stator 5 umfasst ein Blechpaket 7 und an diesem angeordnete Spulen 9. Das Blechpaket ist an einem Statorflansch 11 angeordnet, welcher gehäuseseitig an einem als Antriebselement dienendem Verbrennungsmotor 13 mit Befestigungsmitteln 14 befestigt ist. Die Befestigung kann im Gegensatz dazu aber auch an einem Abtriebselement, beispielsweise einem Getriebe oder einem Drehmomentwandler, erfolgen. Der Rotor 3 der elektrischen Maschine 2 umschliesst den Stator 5 radial aussen und ist mit einer Antriebswelle 15 des Verbrennungsmotors 13 zur gemeinsamen Drehung verbunden. Der Rotor 3 weist in Umfangsrichtung angeordnete Permanentmagnete 17 auf, welche den Spulen 9 gegenüber stehen. Der Zwischenraum bildet einen sich radial erstreckenden Luftspalt 19, der sowohl in Umfangsrichtung als auch in axialer Richtung im Rahmen der Herstell- und Montageungenauigkeiten eine konstante Höhe aufweist. Werden die Statorspulen 9 mit einem Strom beaufschlagt, so bildet sich durch die Wechselwirkung mit den Magnetfeldern der Permanentmagneten 17 in dem Luftspalt 19 ein Magnetfeld aus, wodurch eine Drehbewegung des Rotors 3 angeregt wird und ein motorisches Moment abgegeben werden kann. In einer anderen Betriebsart führt eine auf den Rotor 3 wirkende Drehbewegung zu einem generatorischen Moment in den Statorspulen 9. Es ist erkennbar, dass es sich bei der elektrischen Maschine 2 um eine permanenterregte Synchronmaschine in Aussenläuferbauart handelt. Für die Verwirklichung des erfinderischen Gedankens bestehen jedoch hinsichtlich des Typs der elektrischen Maschine 1 keine Einschränkungen. Diese könnte also ebenso als Innenläufer aufgebaut sein und beispielsweise nach dem Reluktanz- oder Asynchronprinzip arbeiten.

Die Antriebswelle 15 stellt in Figur 1 eine Kurbelwelle eines Verbrennungsmotors 13 dar, welche aus dessen Gehäuse herausragt und an dieser Stelle mittels eines Lagers 21 gelagert ist. Beim Betreiben des Verbrennungsmotors 13 wird die Welle 15 zu Schwingungen angeregt, die eine Taumelbewegung des mit dieser verbundenen Rotors 3 zur Folge haben. Die dabei abgefahrne Verschwenkkurve

$V_R$  enthält hauptsächlich in der in Figur 1 dargestellten Ebene Komponenten. Weitere, davon abweichende Komponenten der Verschwenkkurve  $V_R$  wurden wegen ihres geringeren Betrages vernachlässigt. Es ist weiterhin erkennbar, dass die an den Luftspalt 19 angrenzenden Flächen von Rotor und Stator so ausgebildet sind, dass dessen Verlauf der durch die Taumelbewegung des Rotors 3 beschriebenen geometrischen Verschwenkkurve  $V_R$  entspricht. In praxi wird es zur Lösung der eingangs beschriebenen Aufgabe jedoch vielfach genügen, wenn der geometrische Verlauf zumindest einer der an den Luftspalt 19 angrenzenden Flächen von Rotor 3 oder Stator 5 so ausgebildet ist, dass dieser Verlauf der durch die Taumelbewegung des Rotors 3 beschriebenen geometrischen Verschwenkkurve  $V_R$  wenigstens angenähert ist. Die zum Rotor 3 gewandte Fläche des Blechpaketes 7 kann dabei beispielsweise durch eine Stapelung unterschiedlicher Einzelbleche oder einfach durch eine Nachbearbeitung eines aus gleichartigen Blechen bestehenden Blechpaketes 7 konventioneller Art dargestellt werden. Die entsprechend gestalteten Permanentmagnete 17 können beispielsweise durch eine segmentartige Anordnung von Einzelmagneten realisiert werden, wobei die Einzelmagnete leicht in radialer Richtung gegeneinander versetzt angeordnet sind. Alternativ können die Permanentmagnete bereits beim Pressen des Ausgangsmaterials in der gewünschten Form hergestellt werden oder in einer weiteren Variante auch nach deren Herstellung durch eine Nachbearbeitung an die Form der Verschwenkkurve  $V_R$  angepasst werden.

Es ist aus Figur 1 ferner ersichtlich, dass die einander gegenüberstehenden Flächen von Rotor 3 und Stator 5 im wesentlichen parallel ausgebildet sind. Damit kann der Luftspalt 19 über den gesamte magnetischen Wechselwirkungsbereich auch unter dem Einfluß von Biegeschwingungen im wesentlichen konstant gehalten werden. Im Beispiel wurde für die geometrische Verschwenkkurve  $V_R$  unter idealisierten Verhältnissen ein Abschnitt einer Kreisbahn angenommen. Das heißt, dass die Kurbelwelle ausschließlich eine Verschwenkbewegung in einer zur Längsachse parallelen Ebene ausführt. Der

Drehpunkt dieser Verschwenkung liegt hierbei innerhalb der Antriebswelle 15 und axial im Bereich des Lagers 21. Letzteres ist jedoch nicht zwingend. Der Drehpunkt D kann für eine geeignete Beschreibung prinzipiell jede Position innerhalb der axialen Erstreckung der Antriebswelle 15 einnehmen. Auch ein  
5 ausserhalb des axialen Erstreckungsbereiches der Antriebswelle 15 liegender Drehpunkt D ist denkbar. Die Bewegung der Antriebswelle 15 ist in der Realität natürlich, wie eingangs beschrieben, komplexer. Zur deren Beschreibung ist allgemein eine Kurve zweiter Ordnung geeignet. Das heißt, neben der bereits erwähnten Möglichkeit der Beschreibung durch eine Kreisbahn, könnte diese auch  
10 durch einen Abschnitt einer Ellipse, Parabel oder einer Hyperbel erfolgen. Selbstverständlich kann für eine noch genauere Beschreibung auch eine Kurve noch höherer Ordnung, beispielsweise dritter oder vierter Ordnung, herangezogen werden.

15 In Figur 2 sind im Unterschied zu Figur 1 die an den Luftspalt 19 angrenzenden Flächen von Rotor 3 und Stator 5 als Geraden ausgebildet, wobei diese parallel verlaufen und gegenüber der Antriebswelle 15 um einen Winkel  $\Theta$  verschwenkt sind. Die dargestellte konische Ausbildung der betreffenden Flächen weicht etwas von der Verschwenkkurve  $V_R$  ab. Werden jedoch, wie in der  
20 Schnittdarstellung gezeigt, die sich gegenüberliegenden Kanten von Rotor 3 und Stator 5 beispielsweise durch eine Tangente T an die von einem auf der Rotorfläche befindlichen Punkt durchgeführte Verschwenkkurve  $V_R$  gebildet, so ist dieses für viele praktische Fälle bereits hinreichend im Sinne einer Lösung der  
gestellten Aufgabe. Im weiteren sind auch zeichnerisch nicht dargestellte  
25 Ausgestaltungen möglich, bei denen eine Fläche, also entweder die des Stators 5 oder die des Rotors 3, dem Verlauf der Verschwenkkurve  $V_R$  zumindest näherungsweise gekrümmt folgt und die jeweils andere Fläche in einer Schnittdarstellung nach Figur 1 oder 2 als gerade Kante ausgeführt ist.

Bezugszeichenliste

1	Antriebseinheit
2	elektrische Maschine
3	Rotor
5	Stator
7	Blechpaket
9	Spule
11	Satorflansch
13	Verbrennungsmotor
14	Befestigungsmittel
15	Antriebswelle
17	Permanentmagnet
19	Luftspalt
21	Lager

Ro1 

$V_R$	Verschwenkkurve des Rotors
D	Drehpunkt
R	Radius
T	Tangente

**Patentanmeldung**

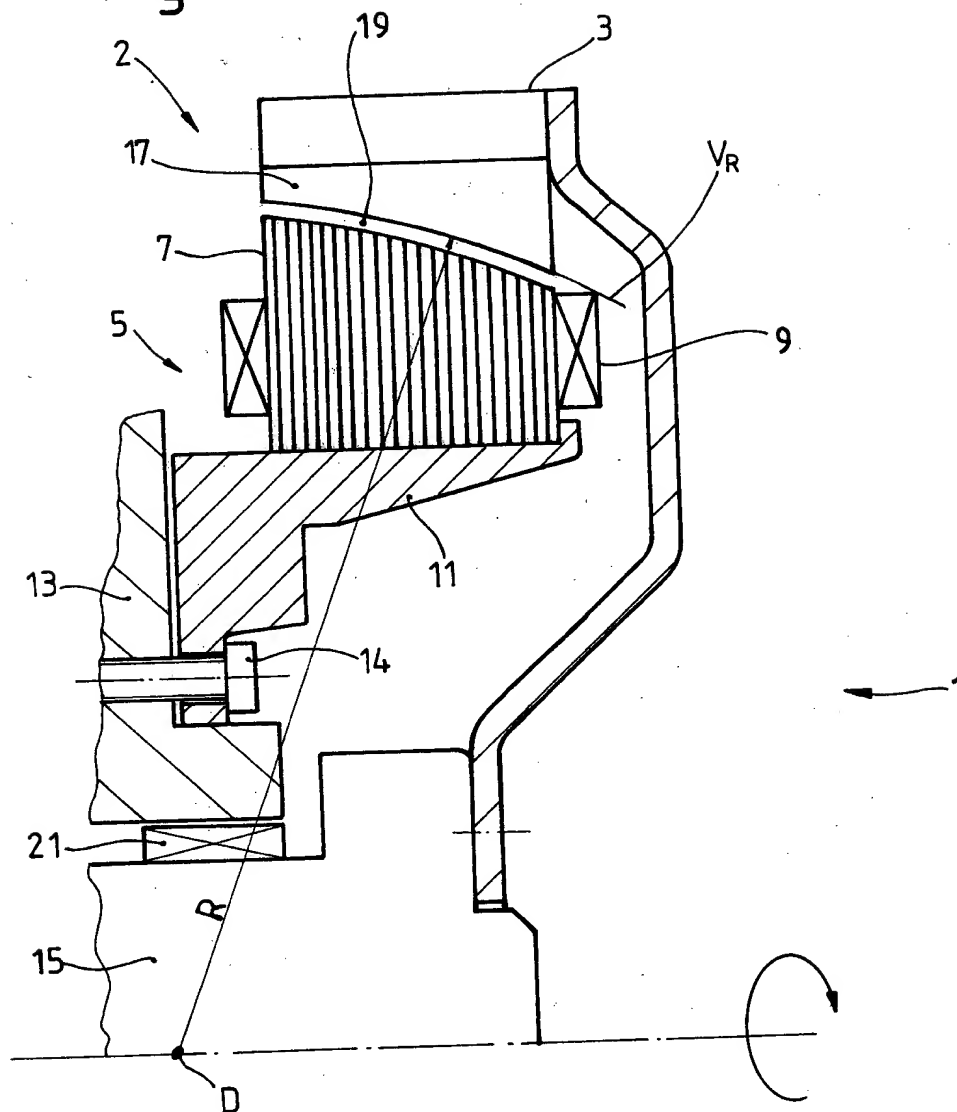
5

**Zusammenfassung**

Die Erfindung beschreibt eine Antriebseinheit (1) mit einer Antriebswelle  
10 (15) aufweisenden Antrieb (13) und einer elektrischen Maschine (2), die einen  
Stator (5) und einen koaxial zu diesem mit der Antriebswelle (15) zur Drehmo-  
mentübertragung verbundenen Rotor (3) aufweist, wobei der Stator (5) und der  
Rotor (3) durch einen Luftspalt (19) in Wirkverbindung stehen und der Rotor (3)  
durch die Antriebswelle (15) zu einer Taumelbewegung angeregt wird. Die elekt-  
15 rische Maschine (2) zeichnet sich dadurch aus, dass in einem Querschnitt parallel  
zur Antriebswelle (15) der geometrische Verlauf zumindest einer der an den Luft-  
spalt (19) angrenzenden Flächen von Rotor (3) oder Stator (5) so ausgebildet ist,  
dass dieser Verlauf der durch die Taumelbewegung des Rotors (3) beschriebenen  
geometrischen Verschwenkkurve ( $V_R$ ) wenigstens angenähert ist.

20

Fig. 1



[illegible]